

УДК 621.316.1

Олександр Вакуленко, Віктор Решетник, Любомир Петренко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Розглянутий досвід побудови розподільних електромереж напругою 20 кВ і особливості функціонування електромереж напругою 10 кВ. Досліджена ефективність кожного з варіантів електромережі середньої напруги. Проведений аналіз ефективності встановлення додаткової розвантажувальної підстанції 110/20 кВ.

Ключові слова: електрична мережа, середній клас напруги, реконструкція, ефективність.

Oleksandr Vakulenko, Viktor Reshetnyk, Lyubomyr Petrenko

RECONSTRUCTION EFFICIENCY ANALYSIS OF THE MIDDLE VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS

The experience of distribution electrical networks constructing rate of 20 kV and the peculiarities of electrical networks functioning rate of 10 kV is considered. The efficiency of each from medium voltage network alternatives is investigated. An analysis of the efficiency additional unloading substation 110/20 kV installation has been carried out.

Keywords: electrical network, voltage middle class, reconstruction, efficiency.

Електроенергетика є базовою галуззю національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою сталого економічного розвитку, забезпечення енергетичної безпеки та енергетичної незалежності. Проте, більш ніж 90% повітряних ліній (ПЛ) напругою 220 кВ і вище та 55% основного устаткування трансформаторних підстанцій (ПС) відпрацювали розрахунковий технічний ресурс (25 років), а 56% ПЛ і 17% ПС експлуатуються понад 40 років. Розподільні електричні мережі (ЕМ) відпрацювали 2–3 терміни нормативної експлуатації. Старіння обладнання ПС, елементів ПЛ призводять до зростання аварійності та технологічних витрат електроенергії на її транспортування, спричиняє підвищену кількість відключень обладнання та його пошкодження. На порядок денний постає питання перспективи розвитку ЕМ й ефективності їх роботи.

На даний час одним з перспективних рішень цієї проблеми з економічної точки зору може бути комплексний підхід до реконфігурації ЕМ середньої напруги 6 (10) кВ з підвищенням номінальної напруги до 20 кВ, створення центрів живлення та прокладання нових ліній передавання цієї напруги із запровадженням якісно нового рівня автоматизації мережі [1].

Промислово розвинені країни Європи, Азії та Америки інтенсивно почали впроваджувати в розподільних ЕМ новий клас середньої напруги 20 кВ, починаючи з середини 70-х років минулого сторіччя.

Переваги ЕМ 20 кВ у порівнянні з ЕМ 10 кВ зумовлені основними законами електротехніки: при однакових перерізах проводу пропускна спроможність ЕМ збільшується вдвічі; у 4 рази зменшується падіння напруги при передаванні ЕМ однакової потужності; також у 4 рази зменшуються втрати потужності. Окрім того, за однакової щільності струму для передавання однакової потужності необхідно менший переріз провідника і, відповідно, менші витрати провідникового матеріалу.

У порівнянні з ЕМ напругою 35 кВ ЕМ напругою 20 кВ - це наявність компактного обладнання вітчизняних й закордонних виробників, зокрема, щоглових

ПС зі спрощеною конструкцією трансформатора без розширювального бачка та перемикача без збудження. Використання щоглових комплектних трансформаторних підстанцій дає можливість максимально наблизити їх установку до споживачів зі збереженням охоронної зони 10 кВ.

Для підвищення ефективності функціонування розподільних ЕМ актуальним є не тільки перехід на вищий клас напруги для мереж 6 (10) кВ, але й зміна топології ЕМ способом наближення ПС 20 кВ до споживачів при скороченні фідерів ЕМ напругою 0,4 кВ з суттєвим покращенням системи прийняття рішень керування технологічними процесами, яка пов'язана з поняттям інтелектуалізації міських й сільських розподільних ЕМ на основі сучасних SMART (Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology) технологій - самодіагностики, аналізу й звітності.

Слід зазначити, що на хід прийняття рішень щодо реконструкції окремих ЕМ 6 (10) кВ та переведенні їх на номінальну напругу 20 кВ в Україні мають вплив як сприятливі фактори, так і немалі проблеми:

1. Незадовільний стан ЕМ. Згідно з оцінками технічного стану ЕМ залишковий строк експлуатації складає орієнтовно 10–11 років.

2. Неоптимальна конфігурація мереж.

3. Вимоги щодо підвищення якості електропостачання.

4. Світові тенденції щодо енергозбереження та енергоефективності. Витрати електроенергії в мережах інших країн світу орієнтовно вдвічі нижчі, ніж в Україні. Вирішити цю проблему можливо лише шляхом інвестування у розвиток ЕМ, зокрема, у впровадження обладнання рівня напруги 20 кВ, що дозволить підвищити ефективність електропередачі, зменшити операційні витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання без суттєвого збільшення витрат на будівництво таких мереж.

5. Великий обсяг розподільчих електричних мереж в Україні та значний обсяг необхідних капіталовкладень не дозволяє говорити про одночасне переведення всіх ЕМ на новий рівень напруги. Мова може йти про перехідний період, протягом якого існуючі розподільчі мережі 6(10) кВ будуть поступово доповнюватись та замінюватись мережами 20 кВ.

Наразі в Україні розпочато роботу щодо створення відповідної нормативно-технічної бази з проектування та експлуатації ЕМ 20 кВ. Електропередавальними організаціями розпочато роботу щодо впровадження пілотних проектів будівництва в окремих мережах ПС з класом напруги 20 кВ.

Для аналізу техніко-економічних аспектів й ефективності розвитку розподільних ЕМ використана ЕМ у складі: 33 фідери 10(6) кВ та 448 ТП 10(6)/0,4 кВ з сумарною встановленою потужністю трансформаторів 90,495 МВ·А. Сумарна довжина повітряних ЛЕП становить 510,72 км, а довжини 12-ти з них лежать в межах від 20 до 47,9 км. Історично сформована в районі структура ЕМ з напругами 6 кВ і 10 кВ не дозволяє під час експлуатації змінювати її конфігурацію [2].

Аналіз режиму максимальних навантажень діючої ЕМ показав, що функціонування ЕМ 6 кВ та окремих фідерів 10 кВ, які мають значну довжину, є неякісним і значно ускладнює експлуатацію ЕМ й призводить до понаднормативного зростання втрат активної потужності. Спостерігаються перевантаження окремих ділянок ліній та значне зниження рівня напруги на шинах ТП, причому втрати напруги до окремих віддалених ТП досягають 35%, технологічні втрати активної потужності в ЕМ 6 кВ становлять біля 15% від потужності, що надходить в ЕМ, до того ж в структурі втрат активної потужності понад 80% становлять втрати в ЛЕП.

Проведений розрахунок [2] максимального режиму ЕМ за умови переведення існуючих фідерів із напруги 6 кВ на напругу 10 кВ показав, що сумарні втрати активної

потужності в аналізованій ЕМ зменшились на понад 55%. Однак, хоча перевантаження за значеннями струмів фідерів було відсутнє, незадовільні показники якості електричної енергії за напругою спостерігались на особливо протяжних фідерах, де відхилення напруги відносно номінальної становило до 20% із завантаженістю головної ділянки біля 65%.

Розрахунок режиму за умови переведення всієї ЕМ на напругу 20 кВ показав значне покращення як за втратами активної потужності (понад 60%) у порівнянні з режимом 10 кВ, так і за рівнями напруги на шинах споживачів. Однак, на особливо протяжних фідерах втрати напруги становили до 6%, тоді як на шинах ТП решти фідерів втрати напруги не перевищували 3%. Для усунення додаткових втрат й оптимізації структури ЕМ було промодельовано встановлення розвантажувального центру живлення 110/20 кВ, що додатково зменшило сумарні втрати активної потужності в модернізованій ЕМ ще на 25%, тобто на майже 50% у порівнянні з оптимізованим режимом 10 кВ [2].

Найбільш ефективним критерієм для техніко-економічне порівняння стратегій розвитку досліджуваних ЕМ на номінальних напругах 10 або 20 кВ є дослідження мінімуму *сумарних дисконтованих витрат*. За умови залучення інвестицій протягом одного року такі витрати оцінюють за формулою: $Z_{oc} = \frac{B}{E} + K - L$, де B - витрати на експлуатацію та обслуговування ЕМ й витрати на покриття втрат електричної енергії; K - капіталовкладення в реконструкцію ЕМ; L - ліквідна вартість устаткування, що демонтують; $E = 0,1$ - норма дисконту.

З розрахунку досліджуваної ЕМ випливає, що кращими техніко-економічними показниками (майже 10% дисконтованих витрат) характеризується варіант реконструкції розподільної ЕМ з переведенням живлення на номінальну напругу 20 кВ.

Період повернення капіталу T_n дорівнює року t розрахункового періоду, після якого кумулятивна сума чистих грошових потоків Π_{oc} переходить з від'ємної зони в додатну і визначається за виразом: $\Pi_{oc} = \sum_{t=1}^{T_n} \Pi_{qt} / (1 + E)^t = 0$, де Π_{qt} - чистий прибуток в t -й рік розрахункового періоду.

Результати розрахунку періоду повернення капіталовкладень в реконструйовану ЕМ 20 кВ з урахуванням зростання споживання електроенергії й динаміки зміни кумулятивної суми чистих грошових потоків показують [2], що період повернення капіталовкладень для досліджуваної ЕМ у разі переведення живлення на номінальну напругу 20 кВ складе більше 15 років.

Проведені дослідження і виконані розрахунки показують, що ЕМ з номіналом напруги 6 кВ остаточно вичерпали свій ресурс та не мають перспектив розвитку. Аналіз перспектив розвитку мереж 10 кВ та 20 кВ показує, що у ЕМ 20 кВ, навіть для прогнозованого зростання навантаження, забезпечуються високі техніко-економічні показники щодо втрат напруги в ЛЕП, технологічних втрат активної потужності в ЕМ, а також їх резерву пропускної здатності. Однак, слід враховувати, що період повернення капіталовкладень для ЕМ з переведенням живлення на номінальну напругу 20 кВ може бути доволі значним.

Література

1. Циганенко Б. В. Особливості функціонування розподільних мереж середнього класу напруги та їх переведення на напругу 20 кВ / Б. В. Циганенко, В. В. Кирик // Гідроенергетика України. - 2016. - №3-4. - С. 7-13.
2. Бахор З. М. Техніко-економічні аспекти впровадження електричних мереж напругою 20 кВ / З. М. Бахор, А. Б. Козовий та ін. // Вісник Він. політехн. ін-ту. - 2018. - №1. - С. 53-58.